

Einsatzmöglichkeiten von AeroFims in Fahrzeugstrukturen

Dipl.-Ing. Lucia Areces Fernandez; Dipl.-Ing. Elmar Beeh; Prof. Dr.-Ing. Horst E. Friedrich;
Prof. Dr. Dr. h. c. Lorenz Ratke; Tiziana Bräuer (1)

Prof. Dr.-Ing. Lothar H. Kallien; Dipl.-Ing. Thomas W. Weidler (2)

(1) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

(2) Hochschule Aalen Technik und Wirtschaft

15.09.2015

Werkstoffwoche Dresden



Wissen für Morgen



Inhalt

1. Einleitung
2. Aerogele und AeroFims
3. AeroFim-Anwendung in der Karosserie (Konzept und Gussversuch)
4. Prinzipielle Strukturuntersuchung
5. Anwendungsbeispiele
6. Fazit und Ausblick



Inhalt

- 1. Einleitung**
2. Aerogele und AeroFims
3. AeroFim-Anwendung in der Karosserie (Konzept und Gussversuch)
4. Prinzipielle Strukturuntersuchung
5. Anwendungsbeispiele
6. Fazit und Ausblick



DLR im Überblick

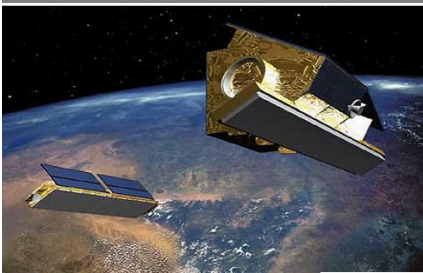
□ Das DLR

- erforscht Erde und Sonnensystem
- stellt Wissen für den Erhalt der Umwelt zur Verfügung
- entwickelt umweltverträgliche Technologien für Energieversorgung, Mobilität, Kommunikation und Sicherheit

ca. 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten in 33 Instituten und Einrichtungen in 16 Standorte.



LUFTFAHRT



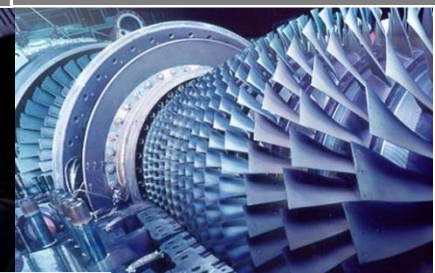
RAUMFAHRT



VERKEHR



ENERGIE



SICHERHEIT



Einleitung

- Neue Werkstoffe und Fertigungsverfahren
 - Steigerung des Komforts und der Sicherheit
 - ZIEL der AUTOMOBILINDUSTRIE
- Neue Fahrzeugkonzepte
 - Steigerung des Gewichts und des Verbrauchs
 - Geringeres Fahrzeuggewicht
 - Weniger Energieverbrauch
 - Senkung der CO₂ Emissionen
 - Umweltschutzbestimmungen erfüllen
 - Komfort und Sicherheit gewährleisten



Leichtbau gewinnt zunehmend an Bedeutung



Quelle: Fachhochschule Kärnten



Inhalt

1. Einleitung
- 2. Aerogele und AeroFims**
3. AeroFim-Anwendung in der Karosserie (Konzept und Gussversuch)
4. Prinzipielle Strukturuntersuchung
5. Anwendungsbeispiele
6. Fazit und Ausblick

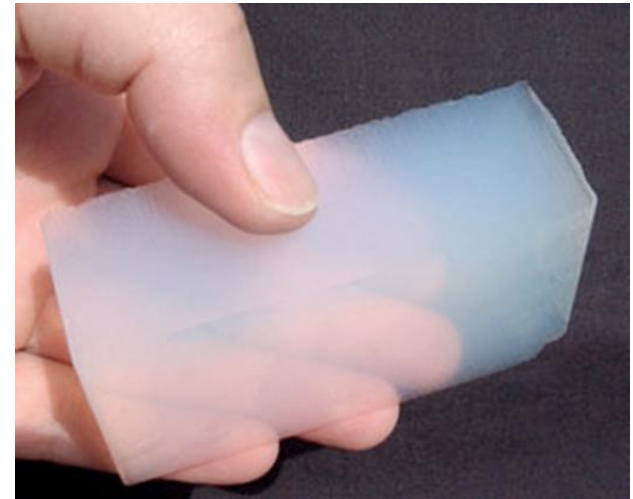


Aerogele

- Herstellung: Durch einen **Trocknungsprozess** wird einem Gel Wasser entzogen und durch Luft ersetzt.
- Am Weitesten verbreitet sind Aerogele auf Silicatbasis.

Dichte (g/cm ³)	0,003 – 0,500
Porosität (%)	80 – 99,8
Porendurchmesser (nm)	20 – 150
Thermische Leitfähigkeit (W/(mK))	0,017 – 0,021
E-Modul (MPa)	0,002 – 100

Quelle: European School of Advanced Aerogels



Quelle: aerogel.org



AeroFims

- Metallmatrix mit eingebetteten Aerogelgranulat.
- Mechanische Eigenschaften über Aerogelanteil einstellbar (Porosität: 30 – 70%)
 - geringe Dichte
 - ausreichende Festigkeit
 - Material analog zu Metallschäumen
 - definiertes Porenvolumen
 - definierte Porengröße
- **2008: Patentanmeldung** „Metall-Aerogel-Verbundwerkstoff“ durch das DLR in Köln. Entwicklung auf der Basis von Aluminiumschäumen.



Quelle: DLR



AeroFims- Herstellung

Beste Herstellungsmethode: Saugguss (bzw. Niederdruck-Kokillenguss).

1. Vorfüllen eines Edelstahlrohrs mit Aerogelgranulat. Das Edelstahlrohr hat am Boden ein Loch, dieses ist mit einem Aluminiumpfropfen verschlossen.
2. Eintauchen in die Metallschmelze.
3. Einsaugen der heißen Schmelze. Das Rohr wird partiell in die Schmelze getaucht, sobald der Aluminiumpfropfen geschmolzen ist, wird die Schmelze in das Rohr gesaugt.
4. Entnahme des gefüllten Rohrs.
5. Abkühlen.



Quelle: DLR

Dichte (g/cm ³)	Porosität (%)	Mechanische Stabilität (MPa)	Energieabsorption (kJ/kg)
0,94-1,03	62-65	Druckfestigkeit: 6,9-11,5 Maximale Festigkeit: 12,6-18,7	4,5-5,1



Inhalt

1. Einleitung
2. Aerogele und AeroFims
- 3. AeroFim-Anwendung in der Karosserie (Konzept und Gussversuch)**
4. Prinzipielle Strukturuntersuchung
5. Anwendungsbeispiele
6. Fazit und Ausblick



Grundkonzept AeroFim-Anwendung



Quelle: Bühler GmbH

- Konzept nach Vorbild der **Lost Core Technologie**.
- Bauteilkern aus AeroFims wird in eine Gussform eingesetzt.
- Im Anschluss wird der Kern im Druckgussverfahren mit einer Metalllegierung umgossen.



Erste Untersuchungen in einem Gussversuch an der Hochschule Aalen.



Vorbereitung des Gussversuchs an der HS Aalen

- AeroFim-Material in Form von zwei Zylindern wurde vom **DLR Institut für Werkstoff-Forschung in Köln** zur Verfügung gestellt.

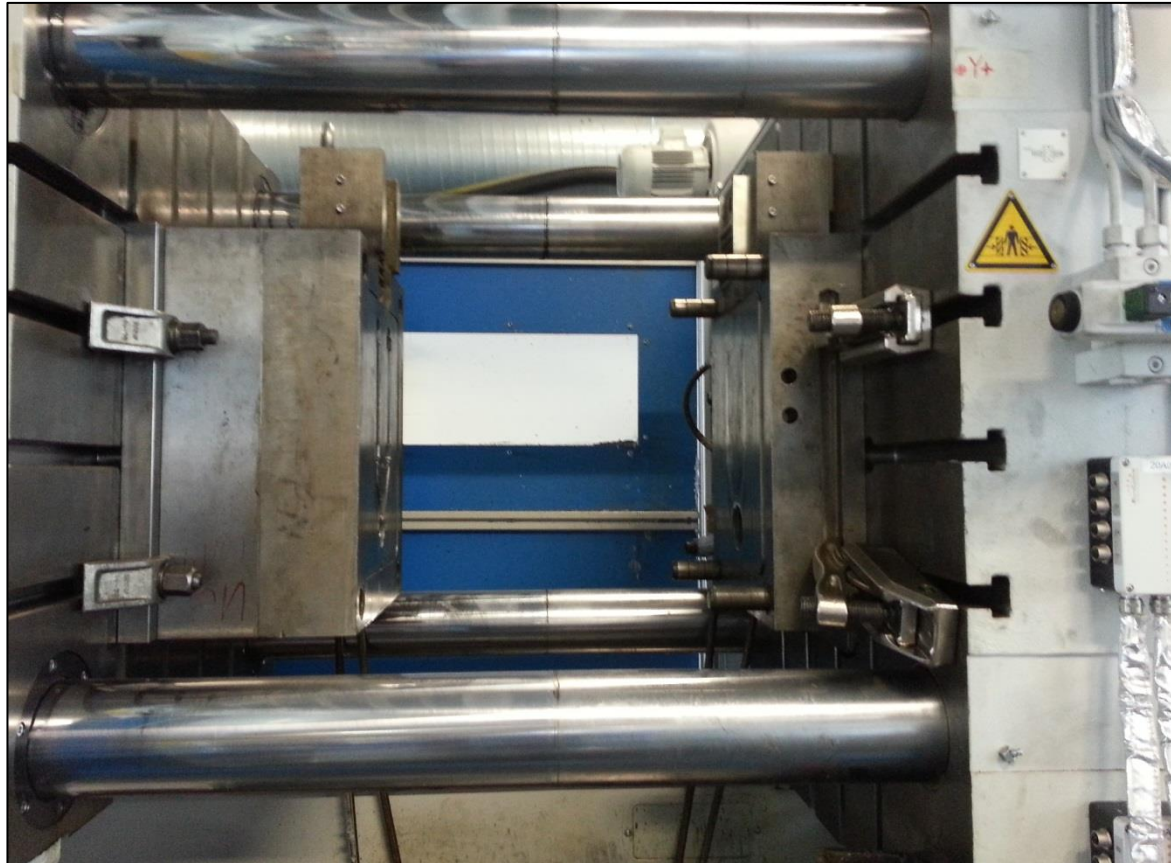


- Durch zerspanende Bearbeitung werden **sechs AeroFim-Kern** hergestellt und an die Abmessungen der Gusswerkzeugs in Aalen angepasst.
- Die Qualität der Kerne ist unterschiedlich.



Der Gussversuch

Fahrende
Werkzeugseite



Feste
Werkzeugseite

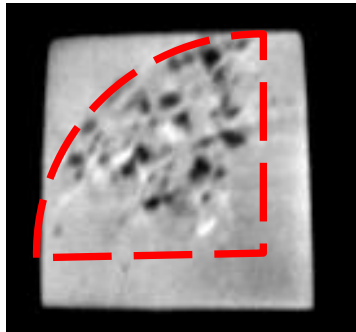


Der Gussversuch



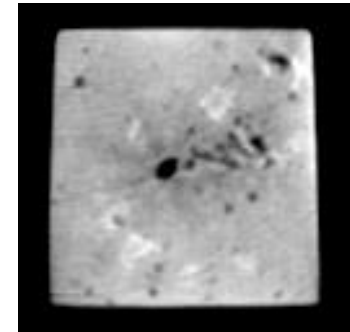
CT-Aufnahmen zeigen die Resultate des Gussversuches

Axiale Ansicht Gussprobe 1:



- Kolbendruck: **150 bar**
Kolbengeschwindigkeit: **2,5 m/s**
- **Kaum Infiltration:**
Form des Kernquerschnitts
erkennbar

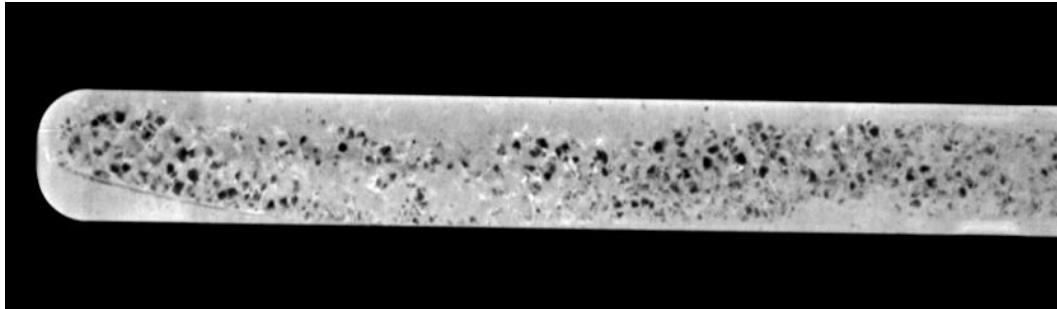
Axiale Ansicht Gussprobe 5:



- Kolbendruck: **300 bar**
Kolbengeschwindigkeit: **3,5 m/s**
- **Starke Infiltration:**
Form des Kernquerschnitts nicht
mehr erkennbar

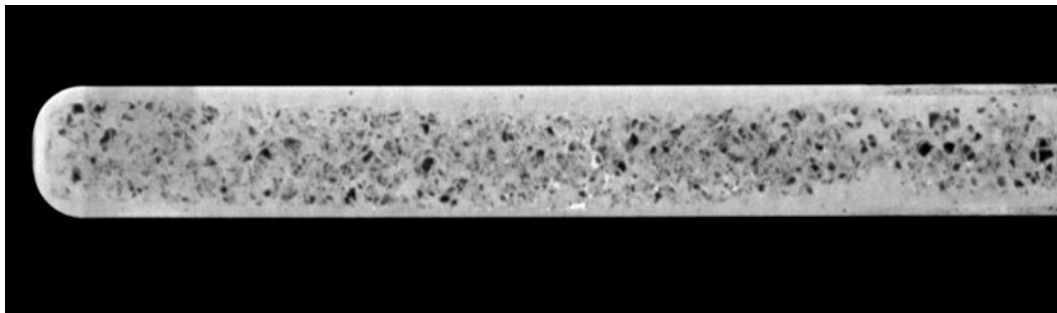


CT-Aufnahmen zeigen die Resultate des Gussversuches



Frontale Ansicht Gussprobe 1

- Kolbendruck: **150 bar**
- Kolbengeschwindigkeit: **2,5 m/s**



Frontale Ansicht Gussprobe 6

- Kolbendruck: **150 bar**
- Kolbengeschwindigkeit: **2,5 m/s**

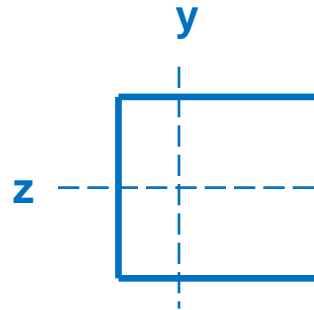


Inhalt

1. Einleitung
2. Aerogele und AeroFims
3. AeroFim-Anwendung in der Karosserie (Konzept und Gussversuch)
- 4. Prinzipielle Strukturuntersuchung**
5. Anwendungsbeispiel
6. Fazit und Ausblick



Theoretische Betrachtung der Flächenträgheitsmomente



U-Profil



Geschlossenes Profil mit Kern

Belastung in y-Richtung	Vergrößerung des axialen Flächenträgheitsmoments um 5,93
Belastung in z-Richtung	Vergrößerung des axialen Flächenträgheitsmoments um 3,54
Torsionsbelastung	Vergrößerung des polaren Flächenträgheitsmoments um 4,43



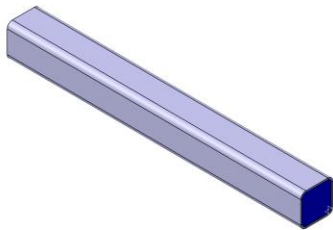
Verbesserung der Steifigkeit und Senkung der Spannungswerte ist abhängig von Belastungsart.



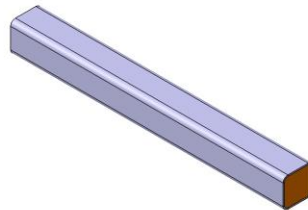
Prinzipielle Strukturuntersuchung

Randbedingungen

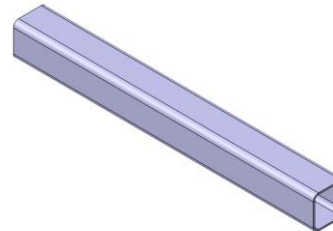
- Vier quadratische **Profilvarianten** mit gleichen Außenmaßen 44 x 44 x 400 mm und 2 mm Profildicke:



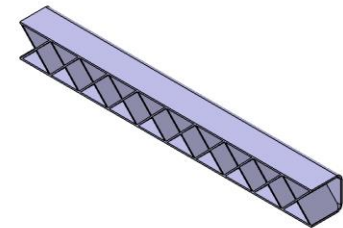
AeroFim-Kern



Polyurethan-Kern



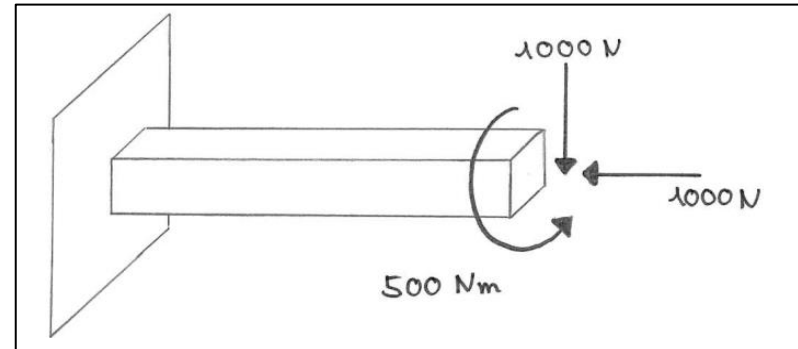
Hohlprofil



Verripptes Gussprofil

- Simulation** von drei Belastungsfällen:

- Messung und Gegenüberstellung der **Maximalauslenkungen** und **Maximalspannungen**.



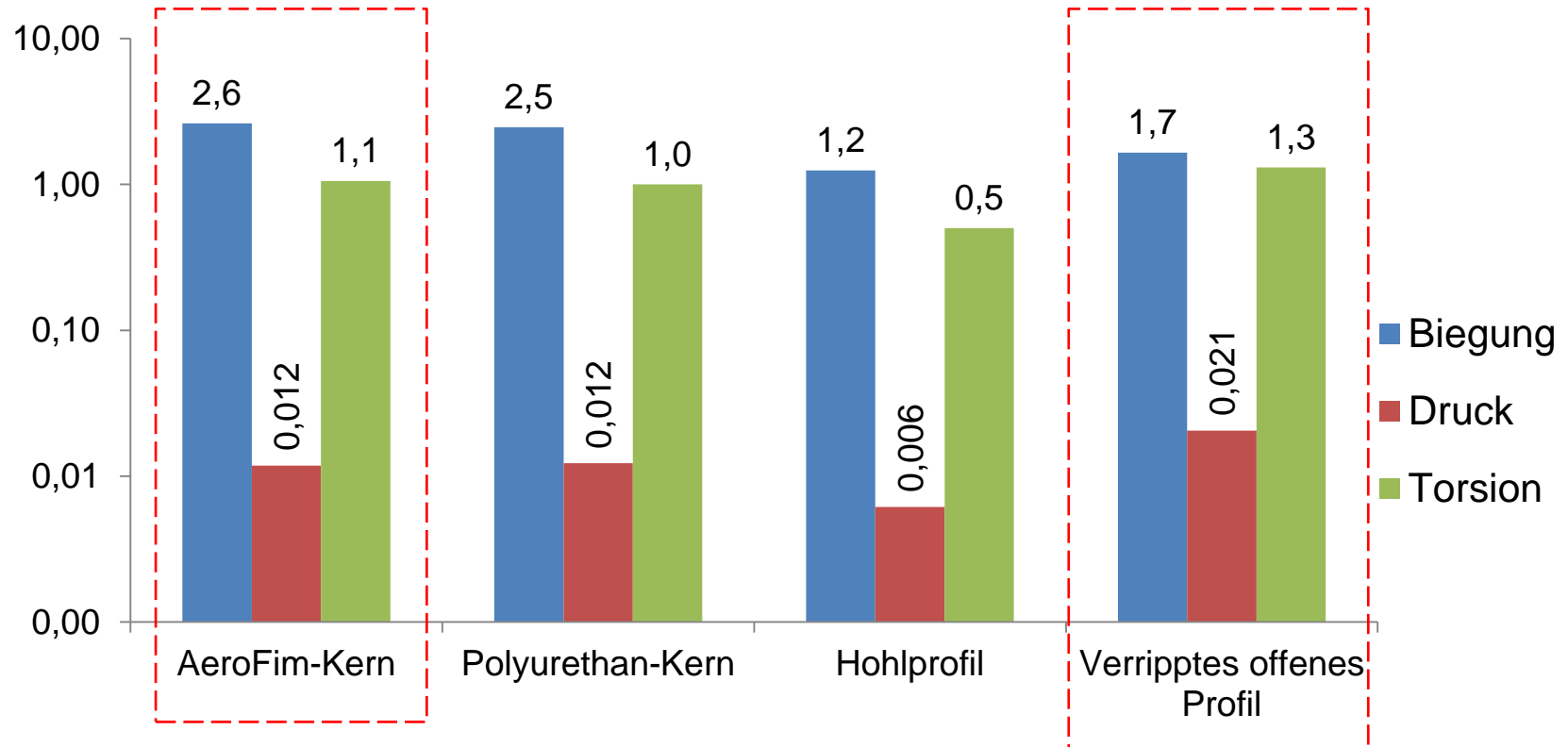
- Ermittlung und Gegenüberstellung von **Leichtbaukennwerten**:

- Leichtbaukennwert Verformung $k_V = s \cdot m$ [mm · kg]
- Leichtbaukennwert Spannung $k_S = \sigma \cdot m$ [MPa · kg]



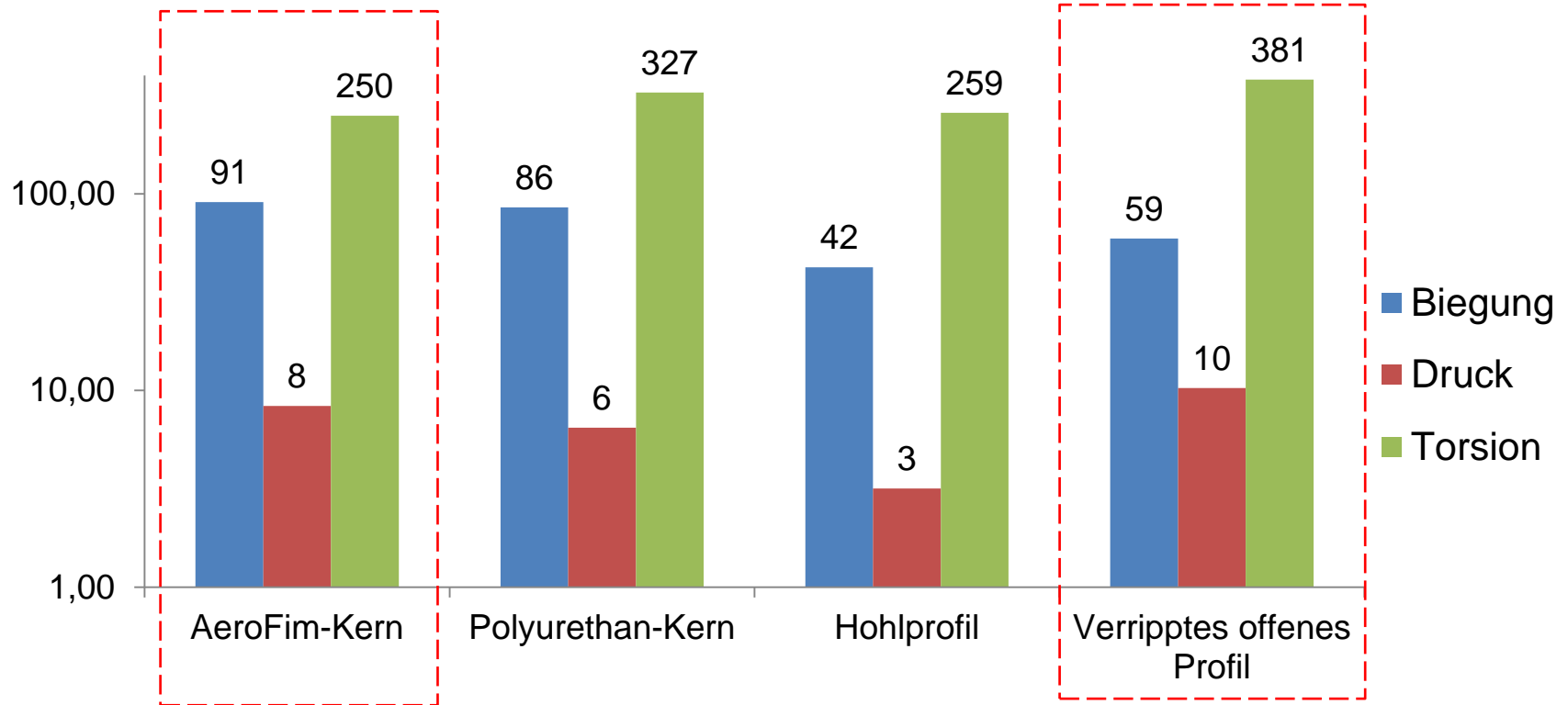
Prinzipielle Strukturuntersuchung

Verformungskennwerte (mm·kg)



Prinzipielle Strukturuntersuchung

Spannungskennwerte (MPa·kg)

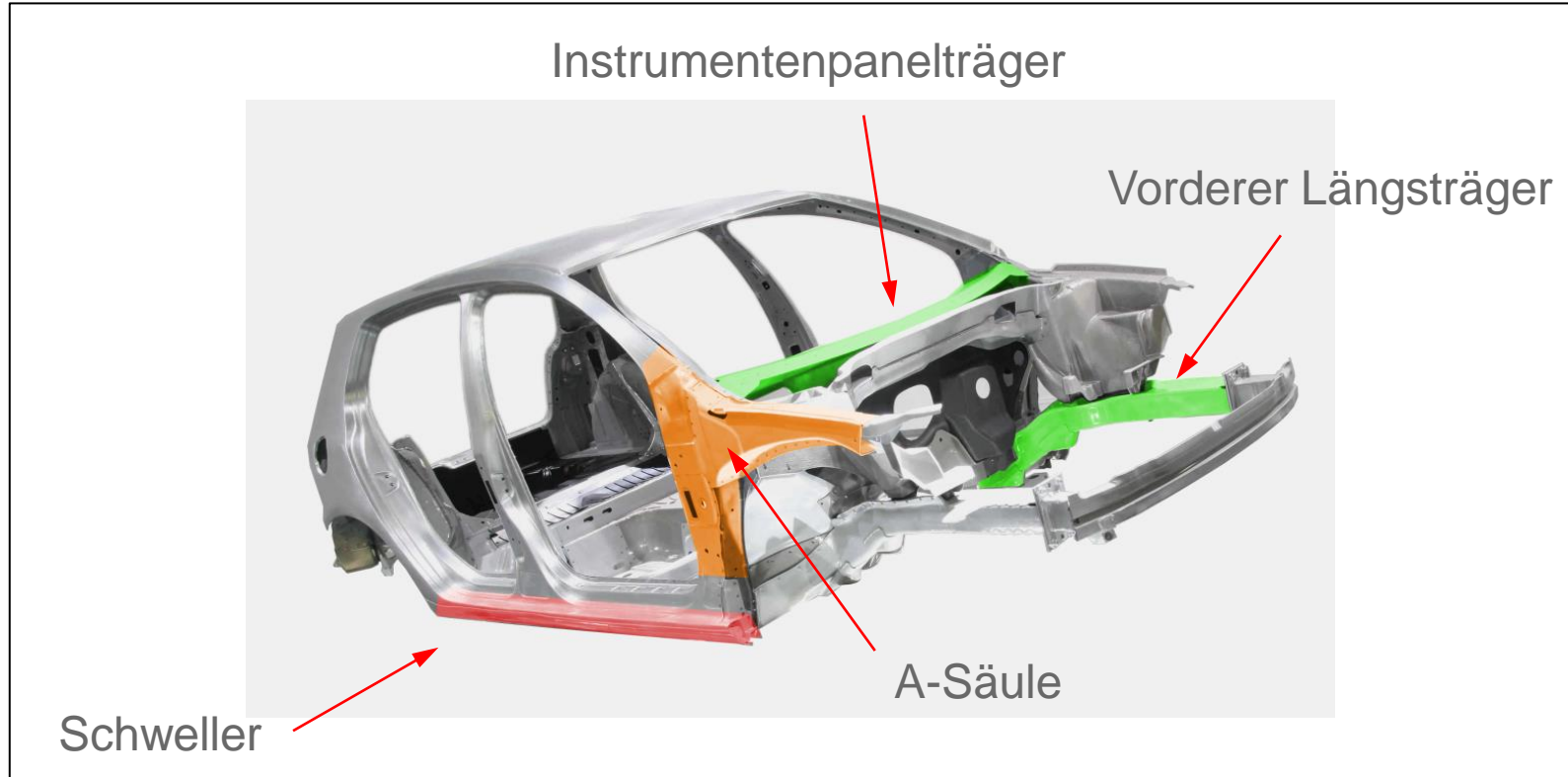


Inhalt

1. Einleitung
2. Aerogele und AeroFims
3. AeroFim-Anwendung in der Karosserie (Konzept und Gussversuch)
4. Prinzipielle Strukturuntersuchung
- 5. Anwendungsbeispiele**
6. Fazit und Ausblick



Bauteilauswahl

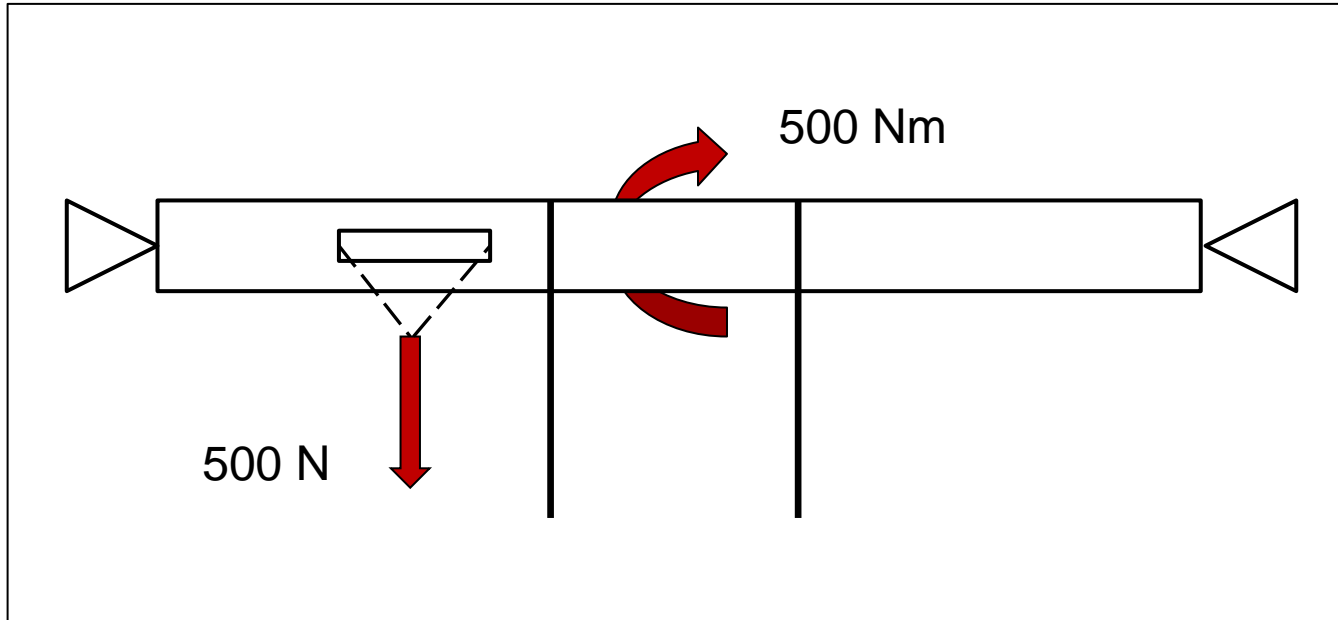


- Umsetzung eines Karosseriebauteils mit AeroFim-Kern: **Instrumentenpanelträger (IP-Träger).**



Instrumentenpanelträger

Randbedingungen der Simulation



- Simulation mit Catia V5 Analysis Tool.
- Messung von Maximalwerten und an drei ausgewählten Messpunkten.
- **Drei Varianten:** AeroFim-Kern, Polyurethan-Kern, Verripptes Gussbauteil.



Instrumentenpanelträger

Verbesserung der
Steifigkeit um 15,4%

Belastung durch Moment	Verripptes Gussbauteil	Variante mit Polyurethan-Kern	Variante mit AeroFim-Kern
$k_V = s_{\max} \cdot m$ (mm·kg)	1,3	1,5	1,1
$k_S = \sigma_{\max} \cdot m$ (MPa·kg)	16,4	14,4	12,4
$d_S = \bar{\sigma} \cdot m$ (MPa·kg)	6,7	6,3	5,3

Verbesserung der
Steifigkeit um 6,43%

Belastung durch Moment + vertikale Kraft	Verripptes Gussbauteil	Variante mit Polyurethan-Kern	Variante mit AeroFim-Kern
$k_V = s_{\max} \cdot m$ (mm·kg)	1,4	1,6	1,31
$k_S = \sigma_{\max} \cdot m$ (MPa·kg)	16,5	13,6	13,71
$d_S = \bar{\sigma} \cdot m$ (MPa·kg)	8,5	7,8	6,8



Inhalt

1. Einleitung
2. Aerogele und AeroFims
3. AeroFim-Anwendung in der Karosserie (Konzept und Gussversuch)
4. Prinzipielle Strukturuntersuchung
5. Anwendungsbeispiele
- 6. Fazit und Ausblick**



Zusammenfassung

- Durch den **Einsatz eines AeroFim-Kerns** lassen sich die Steifigkeits- und Spannungswerte des betrachteten Instrumentenpanelträgers **verbessern**.
 - Dies gilt auch unter Berücksichtigung des Bauteilgewichts.
- Allerdings lässt sich keine allgemeingültige Aussage treffen:
 - Es hängt vom Bauteil und der Belastungsart ab, ob sich eine Anwendung unter Leichtbauaspekten lohnt.



Ausblick

- **Weitere Forschung** in Bezug auf die **AeroFims** und ihre Werkstoffeigenschaften.
- Verbesserung und **Reproduzierbarkeit** in der Herstellung der AeroFims
- Trotz geringem Gewicht hohe mechanische Stabilität.
- Ausnutzung weiterer **AeroFim-Eigenschaften** (Isolations- und Dämmeigenschaften, Korrosionsbeständigkeit, Energieabsorption).
- AeroFims nicht nur in der Karosserie sondern auch im **Interieur** oder als **Dämmmaterial**.
- Experimentieren mit verschiedenen **AeroFim-Werkstoffen** und **AeroFim-Metallverbunden**.





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

